ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ
PROCESSES AND MACHINES OF AGRO - ENGINEERING SYSTEMS



УДК 62-681 10.23947/1992-5980-2018-18-1-102-109

Определение рационального количества теплоутилизаторов для коровника на 400 голов*

В. Ф. Хлыстунов[1, 2], С. В. Брагинец[2], А. Н. Токарева[3], А. Ю. Попенко[4]**
[1]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
[2]Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград Ростовской области, Российская Федерация
[3,4]Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград Ростовской области, Российская Федерация

Determination of rational number of heat recovery units for the barn for 400 heads ***

V. F. Khlystunov[1], S. V. Braginets[2], A. N. Tokareva[3], A. Y. Popenko[4]**
[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
[2]Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Rostov Region, Russian Federation
[3,4]Azov-Black Sea Engineering Institute FGBEI HE Donskoy SAU, Zernograd, Rostov Region, Russian Federation

Введение. В статье рассмотрены вопросы выбора и использования установок утилизации теплоты отработавшего воздуха в помещении коровника. Цель исследования — обоснование выбора количества теплоутилизаторов, обеспечивающих наибольший экономический эффект при эксплуатации в помещении на 400 голов.
Материалы и методы. Определение количества единиц энергосберегающего оборудования обусловлено рядом факторов. Основной из них — непрерывно меняющаяся величина воздухообмена в коровнике в зависимости от параметров наружного воздуха. При этом учитывались условия эксплуатации в южных районах страны. Предложены математические модели, описывающие зависимости технико-экономических показателей от числа и продолжительности работы утилизационных установок. Проведен корреляционно-регрессионный анализ полученных зависимостей. На его основе выполнена технико-экономическая оценка использования теплообменников. Представлены контурные графики целевых функций затрат электроэнергии и эксплуатационных затрат в зависимости от продолжительности работы и пропускной способности энергосберегающих установок. Использован метод сравнения для выявления наиболее эффективного по производительности утилизатора теплоты с учетом меняющейся величины воздухообмена
Результаты исследования. Определено необходимое количество теплообменников, обеспечивающих требуемый воздухообмен в животноводческом помещении. Разработаны новые математические модели для расчета эффективности использования утилизационных установок с учетом производительности и продолжительности работы. Установлены зависимости изменения эксплуатационных затрат от производительности утилизаторов. Определено количество и типоразмер теплоутилизаторов, при использовании которых достигается наибольший чистый дисконтированный доход

Introduction. Matters of selection and use of units for exhausted air heat utilization in the barn room are considered. The work objective is rationale for choosing the number of heat recovery devices that provide the greatest economic benefit when operating in the room for 400 animals.
Materials and Methods. Determination of the number of energy-saving equipment units is due to several factors. The key one is the ever varying amount of air exchange in the barn depending on the outer air parameters. At this, the operating conditions in the southern regions of the country are taken into account. Mathematical models describing dependence of the technical-and-economic indices on the number and operating period of the disposal plants are proposed. The correlation-regression analysis of the dependences obtained is made. The technical-and-economic assessment of the use of heat exchangers is carried out on its basis. Contour plots of the objective functions of the electric power consumption and operating costs are presented depending on the operating period and the capacity of energy-saving plants. A comparison method is used to identify the most efficient performance of the heat exchanger with the varying value of air exchange.
Research Results. The desired number of heat exchangers, which provide the required air exchange in the livestock house, is determined. New mathematical models are developed for calculating the efficiency of utilization facilities taking into account the capacity and operating period.
Dependences of the change in running costs on the performance efficiency of the utilizers are established. The number and type of the heat recovery units is determined. When these utilizers are in use, the greatest net present value is achieved.

*Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
**E-mail vniptim@gmail.com, sbraginets@mail.ru, tanna_ing@mail.ru, PopenkoAlexander@yandex.ru
***The research is done within the frame of the independent R&D.

Обсуждение и заключения. Полученные результаты могут быть использованы для разработки энергосберегающих систем при разведении крупного рогатого скота. Предложенные математические модели расчета эксплуатационных затрат позволят провести предварительное технико-экономическое обоснование целесообразности использования пластинчатых теплоутилизаторов в животноводческих помещениях.

Discussion and Conclusions. The results obtained can be used to develop energy-saving systems under stock-rearing. The proposed mathematical models for calculating operational costs allow for a pre-feasibility study on the use of plate heat exchanger in livestock buildings.

Ключевые слова: теплоутилизатор, теплообменник, эксплуатационные затраты, контурный график, продолжительность работы, производительность, животноводческое помещение.

Keywords: heat reclaim unit, heat exchanger, operation costs, contour plot, operating period, efficiency, livestock premises.

Образец для цитирования: Определение рационального количества теплоутилизаторов для коровника на 400 голов / В. Ф. Хлыстунов [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2018. — Т. 18, № 1. — С. 102−109.

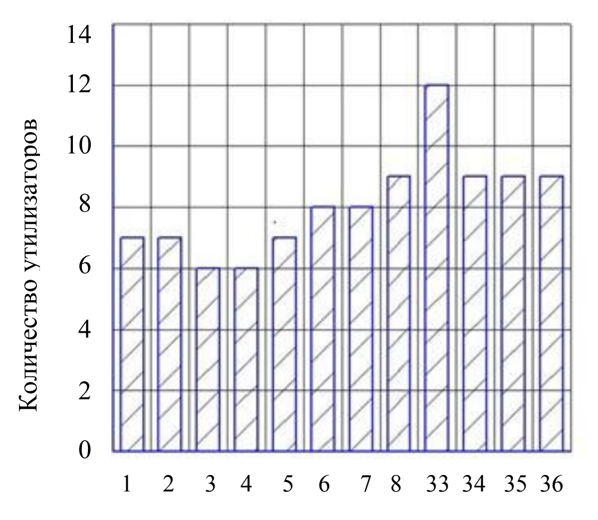
For citation: V.F. Khlystunov, S.V. Braginets, A.N. Tokareva, A.Y. Popenko. Determination of rational number of heat recovery units for the barn for 400 heads. Vestnik of DSTU, 2018, vol. 18, no.1, pp. 102−109.

Введение. Обеспечение микроклимата в животноводческих помещениях является одним из наиболее трудоемких процессов [1]. При этом на нагрев приточного воздуха в коровнике расходуется практически 70 % всей тепловой энергии [2], необходимой для создания заданной температуры воздуха в отопительный период. С целью снижения энергетических затрат при обеспечении требуемых параметров микроклимата в животноводческих помещениях используют утилизаторы теплоты для нагрева приточного воздуха за счет удаляемого отработанного воздуха [1, 3–5]. Большинство исследований, посвященных данной теме, фокусируются на вопросах использования теплоутилизационных установок на свиноводческих и птицеводческих фермах [6, 7]. Применение энергосберегающего оборудования в помещениях для КРС рассматривается значительно реже. В связи с этим целью данной работы является обоснование выбора количества и продолжительности работы теплоутилизаторов для коровника на 400 голов.

Материалы и методы. Обоснование выбора данных для проведения машинного эксперимента. Проведенный анализ [8, 9, 10] позволил установить, что наиболее рациональным вариантом теплоутилизатора для ферм КРС является пластинчатый теплообменник.

В животноводческих помещениях величина необходимого воздухообмена непрерывно меняется. В частности, она зависит от параметров наружного воздуха и различается по декадам года. Соответственно должно меняться и количество используемых теплоутилизаторов [2].

Так, количество теплообменников ПКТ-100-50 [11] в разные декады будет соответствовать данным, представленным на рис. 1.



Декады года, в которых используются теплоутизаторы

Рис. 1. Изменение количества используемых утилизаторов по декадам года

Fig. 1. Number variations of heat reclaim units used through year decades

Как видно из представленной гистограммы, количество задействованных утилизаторов находится в пределах (6÷12). Однако 12 утилизаторов эксплуатируются только в 33-ю декаду, т. е. не более 10 дней. Оче-

видно, что нецелесообразно использовать три дополнительных теплообменника в течение столь ограниченного времени. В связи с этим минимальное необходимое количество утилизаторов данной производительности принято равным 6, максимальное — 9. Шесть утилизаторов задействовано в течение 2880 часов, девять утилизаторов задействовано в течение 1200 часов.

Аналогичным образом провели расчеты для других теплоутилизаторов данной серии [11]. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Результаты расчета количества утилизаторов

Results of calculating the number of utilizers

Марка утилизаторов	Производительность, $\frac{м^3}{ч}$	Количество утилизаторов, шт.		Продолжительность работы, ч	
		Минимальное, *n min*	Максимальное, *n max*	Минимальная, *Tmin*	Максимальная *Tmax*
ПКТ-60-35	3750	15	21	1200	2880
ПКТ-70-40	5000	11	15		
ПКТ-80-50	7000	8	12		
ПКТ-90-50	8000	7	10		
ПКТ-100-50	9000	6	9		

Результаты исследования. Реализация машинного эксперимента. С учетом экономической целесообразности было определено количество утилизаторов соответствующей производительности и продолжительности работы. Для этого по традиционным методикам рассчитывались затраты электрической энергии [12] и эксплуатационные затраты [13].

Для выбора количества утилизаторов и продолжительность их работы реализован двухфакторный машинный эксперимент. При этом факторы варьировались на трех уровнях [14]. Интервалы варьирования определялись данными, представленным в табл. 1. Количество часов работы теплоутилизаторов приняли равным $T = (1200 \div 2880)$ часов; количество теплообменников — $n = (n_{min} \div n_{max})$. Нижний уровень варьирования соответствовал минимальной продолжительности работы и минимальному количеству утилизаторов каждой марки, верхний — максимальным значениям данных параметров. Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 2 на примере утилизаторов ПКТ-80-50. Для теплоутилизаторов другой производительности технико-экономические показатели был рассчитаны аналогично.

Таблица 2
Table 2

Результаты реализации двухфакторного машинного эксперимента при использовании утилизаторов ПКТ-80-50

Results of two-factor machine experiment using PKT-80-50 utilizers

№ строки	*n* утилизаторов	τ, часов	Затраты электроэнергии, кВт·ч	Эксплуатационные затраты, руб.
1	11 (–)	1200 (–)	127604	378251
2	11 (–)	2040 (0)	216927	467574
3	11 (–)	2880 (+)	306250	556897
4	13 (0)	1200 (–)	150805	447024
5	13 (0)	2040 (0)	256368	552587
6	13 (0)	2880 (+)	361932	658151
7	15 (+)	1200 (–)	174006	515797
8	15 (+)	2040 (0)	295810	637601
9	15 (+)	2880 (+)	417614	759405

Полученные числовые массивы были обработаны с помощью программы *Statistica. Experimental Design*. В результате обработки получили поверхности отклика и контурные графики целевой функции. Искомые зависимости в раскодированном виде приведены в табл. 3, графики — на рис. 2.

Таблица 3

Table 3

Уравнения целевых функций затрат электроэнергии (кВт·ч) и эксплуатационных затрат (руб.) от количества используемых теплоутилизаторов (n) и продолжительности работы (T)

Equations of target functions of power consumption (kWh) and operating costs (RUB) on number of usable heat exchangers (n) and operation period (T)

Утилизатор	Уравнение целевой функции затрат	
	электроэнергии	эксплуатационных
ПКТ-60-35	$Э = – 266229,18 + 14790,51·n + 130,5·T$	$ЭЗ = – 266229,18 + 32936,53·n + 130,5·T$
ПКТ-70-40	$Э = – 256368,84 + 19720,68·n + 125,67·T$	$ЭЗ = –256368,84 + 42506,76·n + 125,67·T$
ПКТ-80-50	$Э = – 276089,52 + 27608,95·n + 135,34·T$	$ЭЗ = –276089,52 + 57819,14·n + 135,34·T$
ПКТ-90-50	$Э = – 262942,4 + 31553,09·n + 128,89·T$	$ЭЗ = –262942,4 + 65475,32·n + 128,89·T$
ПКТ-100-50	$Э = – 177486,12 + 39673,37·n + 87·T$	$ЭЗ = –177486,12 + 77307,65·n + 87·T$

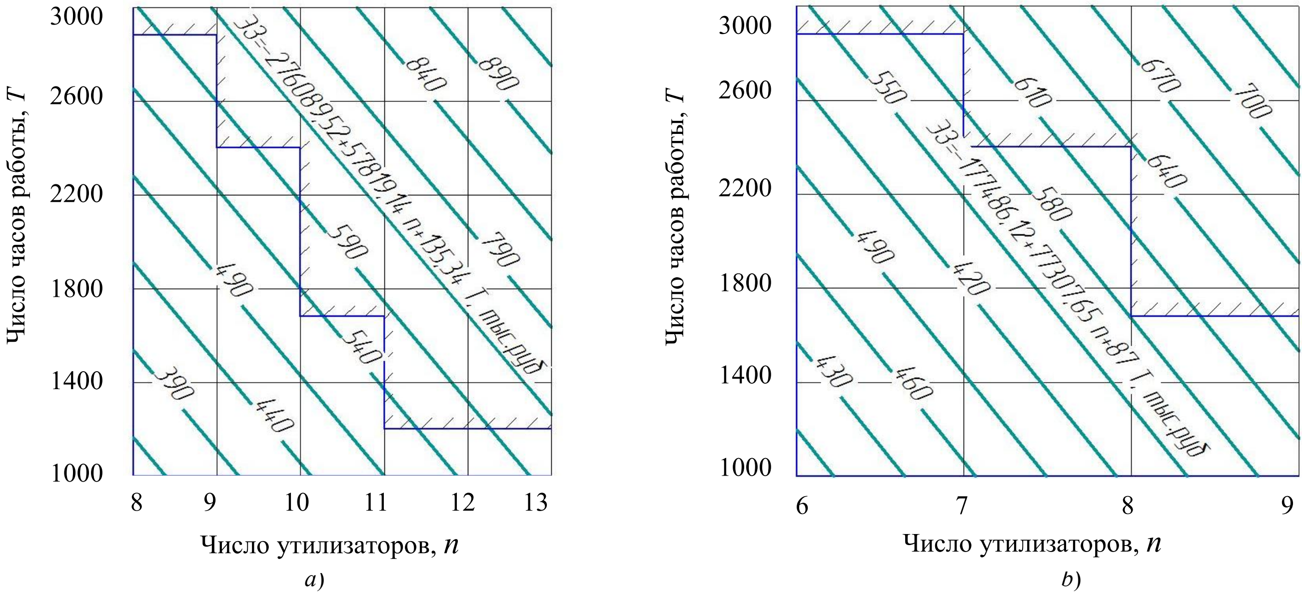


Рис. 2. Контурные графики целевых функций эксплуатационных затрат теплоутилизаторов: ПКТ-80-50 (*а*); *ПКТ-100-50 (b)*

Fig. 2. Contour plots of target functions of operating costs of heat recovery units: PKT-80-50 (a); PKT-100-50 (b)

Обсуждение и заключения. Выбор количества утилизаторов. Анализ приведенных в табл. 3 уравнений регрессии показал, что характер поверхностей отклика и контурных графиков сходствен для всего типоразмерного ряда ПКТ.

При использовании максимального количества утилизаторов в течение 1200 часов эксплуатационные затраты ниже по сравнению с использованием минимального количества теплообменников за весь необходимый временной интервал (рис. 2, а). Это касается всех рассматриваемых типов оборудования, кроме ПКТ-100-50. Таким образом, наиболее целесообразно устанавливать максимально необходимое количество теплоутилизаторов с производительностью в диапазоне от 3750 м^3/ч до 8000 м^3/ч.

При работе теплоутилизатора ПКТ-100-50 эксплуатационные затраты будут минимальны, если использовать наименьшее количество утилизаторов в течении всех 12 декад (рис. 2, б). Графическая зависимость, приведенная на (рис. 3), показывает, что наилучшие технико-экономические показатели достигаются, когда в качестве утилизирующего устройства используется теплообменник ПКТ-100-50.

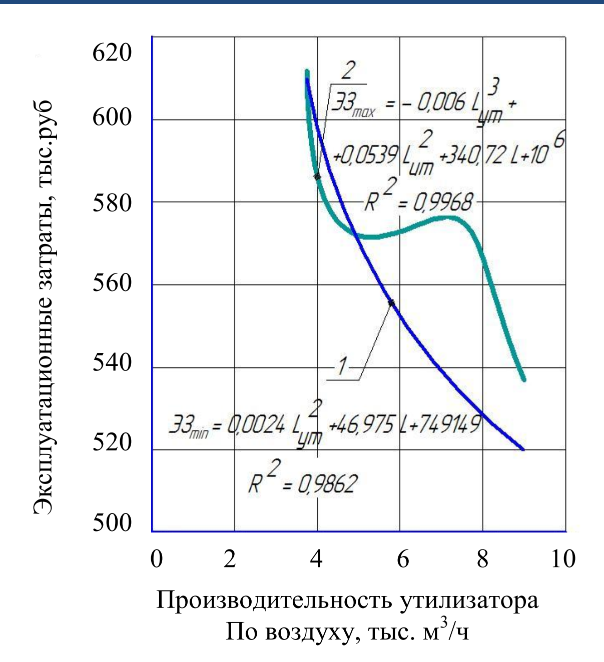


Рис. 3. Зависимость эксплуатационных затрат от производительности теплоутилизаторов:
1 — минимальные эксплуатационные затраты; 2 — максимальные эксплуатационные затраты

Fig. 3. Dependence of operating costs on performance of heat-recovery units:
1 — minimum operating costs; 2 — maximum operating costs

Расчет чистого дисконтированного дохода для ПКТ-100-50 проводился по стандартной методике [15]. Учитывая, что кредитная ставка банка равна 8,25 %, а уровень инфляции 4,0 % [16], наибольший экономический эффект достижим при эксплуатации 8 теплоутилизаторов (рис. 4).

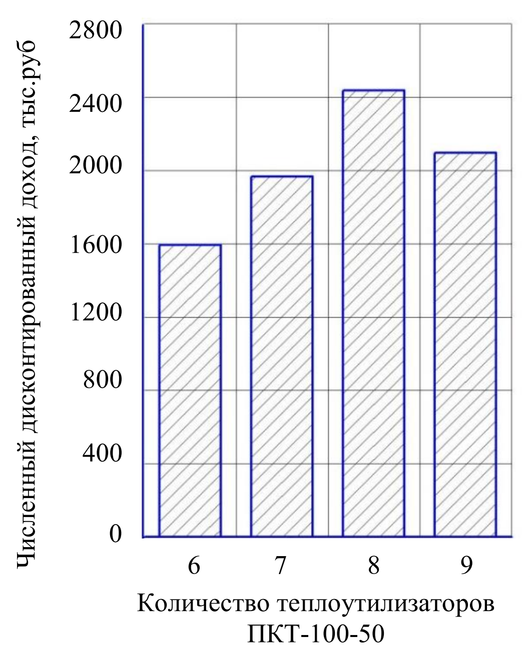


Рис. 4. Изменение чистого дисконтированного дохода от количества используемых утилизаторов

Fig. 4. Variation in net present value of number on usable heat-recovery units

Выводы. Результаты машинного эксперимента позволили установить наиболее рациональный вариант для утилизации теплоты уходящего воздуха при следующих параметрах помещения:
— коровник на 400 голов;
— эксплуатация в условиях южной зоны России.

Учитывая полученные данные, можно утверждать, что оптимальным является применение 8 пластинчатых теплообменников «Канал ПКТ-100-50» с производительностью по воздуху 9000 м^3/ч.

Библиографический список

1. Антонов, Ю. М. Оценка направлений энергосбережения в животноводстве / Ю. М. Антонов // Научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства. Перспективные технологии, технические средства в XXI веке и проблемы эффективности производства : сб. науч. Тр. Всерос. Науч.-исслед. И проект.-технол. Ин-та механизации животноводства. — 2001. — Т. 10, ч. 2. — С. 57–61.

2. Рациональные параметры геотермальной системы обеспечения микроклимата в коровнике / В. Ф. Хлыстунов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2013. — № 5. — С. 25–28.

3. Donselmann-Theile, H. Energiesparenmit System / H. Donselmann-Theile // DLZ Agrarmagazin. — 2007. — Jg. 59, № 3. — S. 132–136.

4. Franke, G. Trends bei der Stallklimatechnik / G. Franke // Landtechnik. — 2000. — Bd. 57, № 6. — S. 412–413.

5. Прищепов, М. А. Технико-экономическая эффективность теплоутилизационных установок в отопительно-вентиляционных системах / М. А. Прищепов, И. А. Цубанова // Агропанорама. — 2007. — № 5. — С. 15–18.

6. Energiesparenmit Warmetauschern // DLZ Agrarmagazin. — 2005. — Jg. 56, № 2. — S. 124–125.

7. Крутов, А. В. Повышение эффективности утилизации тепла в системах вентиляции сельскохозяйственных помещений / А. В. Крутов, Д. Н. Минич // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : тр. Междунар. Науч.-техн. Конф. — Москва : ФГБНУ ВИЭСХ, 2003. — Ч. 4. — С. 332–335.

8. Адамовски, Р. Использование вторичной теплоты вентиляционного воздуха для обогрева помещений в животноводстве / Р. Адамовски, Д. Адамовски // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2004. — № 6. — С. 16–17.

9. Лебедев, Д. П. Тепломассообмен в теплоутилизационной установке / Д. П. Лебедев, М. П. Шаталов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве / Всерос. Науч.-исслед. Ин-т электрификации сел. Хоз-ва. —Москва : ФГБНУ ВИЭСХ, 2010. — Ч. 3. — С. 229–234.

10. Определение зависимости параметров пластинчатого теплоутилизатора от тепловой нагрузки в коровнике на 400 голов / В. Ф. Хлыстунов [и др.] // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. статей 10-й междунар. Науч.-практ. Конф. В рамках 20-й междунар. Агропром. Выставки «Интерагромаш-2017». — Ростов-на-Дону : ДГТУ-Принт, 2017 — С. 84–86.

11. Канал-ПКТ. Пластинчатый канальный теплоутилизатор [Электронный ресурс] / ООО «ВЕЗА» — Режим доступа: http://www.veza.ru/catalog/sistema-kanalnoy-ventilyatsii-dlya-pryamougolnykh-kanalov/plastinchatyy-kanalnyy-teploutilizator-kanal-pkt/ (дата обращения 10.01.2017).

12. Свистунов, В. М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В. М. Свистунов, Н. К. Пушняков. — Санкт-Петербург : Политехника, 2011. — 422 с.

13. Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ; ФГНУ НПЦ «Гипронисельхоз» ; ГНУ «ВИЭСХ». — Режим доступа: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/542495/rekomendatsii_po_raschetu_i_proektirovaniyu_sistem_obespecheniya_mikroklima.pdf (дата обращения 05.10.2017).

14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — Москва : Книга по требованию, 2012. — 352 с.

15. Хорольский, В. Я. Оценка экономической эффективности агроинженерных проектов / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, Д. В. Петров. — Зерноград : ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2008. — 212 с.

16. Центральный банк Российской Федерации [Электронный ресурс] / Банк России. — Режим доступа: http://www.cbr.ru (дата обращения 10.10.2017).

References

1. Antonov, Y.M. Otsenka napravleniy energosberezheniya v zhivotnovodstve. [Assessment of energy conservation in livestock production.] Nauchno-tekhnicheskie problemy mekhanizatsii i avtomatizatsii zhivotnovodstva. Perspektivnye tekhnologii, tekhnicheskie sredstva v XXI veke i problemy effektivnosti proizvodstva: sb. nauch. Tr. Vseros. Nauch.-issled. I proekt.-tekhnol. In-ta mekhanizatsii zhivotnovodstva. [Scientific and technical problems of mechanization and automation of livestock. Perspective technologies, technical means in XXI century and production efficiency problems: Coll.of sci.papers of All-Russian Research and Development, Design and Technological Institute of Livestock Production Engineering.] 2001, vol. 10, part 2, pp. 57–61 (in Russian).

2. Khlystunov, V.F., et al. Ratsional'nye parametry geotermal'noy sistemy obespecheniya mikroklimata v korovnike. [Rational parameters of the geothermal system for providing microclimate in the barn.] Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva, 2013, no. 5, pp. 25–28 (in Russian).

3. Donselmann-Theile, H. Energiesparenmit System. DLZ Agrarmagazin, 2007, Jg. 59, № 3, S. 132–136.

4. Franke, G. Trends bei der Stallklimatechnik. Landtechnik, 2000, Bd. 57, № 6, S. 412–413.

5. Prishchepov, M.A., Tsubanova, I.A. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' teploutilizatsionnykh ustanovok v otopitel'no-ventilyatsionnykh sistemakh. [Technical and economic efficiency of heat recovery units in heating and ventilation systems.] Agropanorama, 2007, no. 5, pp. 15–18 (in Russian).

6. Energiesparenmit Warmetauschern. DLZ Agrarmagazin, 2005, Jg. 56, № 2, S. 124–125.

7. Krutov, A.V., Minich, D.N. Povyshenie effektivnosti utilizatsii tepla v sistemakh ventilyatsii sel'skokhozyaystvennykh pomeshcheniy. [Increase in efficiency of heat utilization in ventilation systems of agricultural premises.] Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaystve: tr. Mezhdunar. Nauch.-tekhn. Konf. [Energy supply and energy saving in agriculture: Proc. Int. Sci.-Tech. Conf.] Moscow: FGBNU VIESKh, 2003, part 4, pp. 332–335 (in Russian).

8. Adamovski, R., Adamovski, D. Ispol'zovanie vtorichnoy teploty ventilyatsionnogo vozdukha dlya obogreva pomeshcheniy v zhivotnovodstve. [Use of secondary heat of ventilation air for space heating in cattle breeding.] Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva, 2004, no. 6, pp. 16–17 (in Russian).

9. Lebedev, D.P., Shatalov, M.P. Teplomassoobmen v teploutilizatsionnoy ustanovke. [Heat and mass transfer in a heat recovery unit.] Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaystve. Vseros. Nauch.-issled. In-t elektrifikatsii sel. Khoz-va. [Energy supply and energy saving in agriculture. All-Russian Institute of Rural Electrification.] Moscow: FGBNU VIESKh, 2010, part 3, pp. 229–234 (in Russian).

10.Khlystunov, V.F., et al. Opredelenie zavisimosti parametrov plastinchatogo teploutilizatora ot teplovoy nagruzki v korovnike na 400 golov. [Determination of dependence of plate heat exchanger parameters on heat load in the barn for 400 animals.] Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya: sb. statey 10-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh 20-y mezhdunar. agroprom. vystavki «Interagromash-2017». [Current state and development trends of agricultural machinery: Coll. of sci. papers of 10th Int. Sci.-Pract. Conf. within the framework of 20th Int. Agroindustrial Exhibition “Interagromash-2017”.] Rostov-on-Don: DSTU-Print, 2017, pp. 84–86 (in Russian).

10. Kanal-PKT. Plastinchatyy kanal'nyy teploutilizator. [PKT-Channel. Plate channel heat exchanger.] “VEZA” LLC. Available at: http://www.veza.ru/catalog/sistema-kanalnoy-ventilyatsii-dlya-pryamougolnykh-kanalov/plastinchatyy-kanalnyy-teploutilizator-kanal-pkt/ (accessed: 10.01.2017) (in Russian).

11. . Svistunov, V.M., Pushnyakov, N.K. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha ob"ektov agropromyshlennogo kompleksa i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva. [Heating, ventilation and air conditioning of objects of agro-industrial complex and housing and utility sector.] St.Petersburg: Politekhnika, 2011, 422 p. (in Russian)

12. Rekomendatsii po raschetu i proektirovaniyu sistem obespecheniya mikroklimata zhivotnovodcheskikh pomeshcheniy s utilizatsiey teploty vybrosnogo vozdukha. [Recommendations on calculation and design of microclimate support systems for livestock premises with utilization of exhaust air heat.] Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii; FGNU NPTs «Gipronisel'khoz»; GNU «VIESKh». [Ministry of Agriculture of the Russian Federation; FSSI RDC “Giproniselhoz”; SSI “VIESKh”.] Available at: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/542495/rekomendatsii_po_raschetu_i_proektirovaniyu_sistem_obespecheniya_mikroklima.pdf (accessed: 05.10.2017) (in Russian).

13. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). [Methodology of field experience (with basics of statistical processing of research results).] Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012, 352 p. (in Russian).

14. Khorolskiy, V.Y., Taranov, M.A., Petrov, D.V. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti agroinzhenernykh proektov. [Estimation of economic efficiency of agro-engineering projects.] Zernograd: FGBOU VPO AChGAA, 2008, 212 p. (in Russian).

15. Tsentral'nyy bank Rossiyskoy Federatsii. [Central Bank of the Russian Federation.] Available at: http://www.cbr.ru (accessed: 10.10.2017) (in Russian).

Поступила в редакцию 23.11.2017
Сдана в редакцию 23.11.2017
Запланирована в номер 20.01.2018

Received 23.11.2017
Submitted 23.11.2017
Scheduled in the issue 20.01.2018

Об авторах:

Хлыстунов Виктор Федорович,
профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК» Донского государственного технического университета (РФ, 347740, г. Зерноград, Ростовская обл., ул. Ленина, 14), доктор технических наук, старший научный сотрудник,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2743-0698
vniptim@gmail.com

Брагинец Сергей Валерьевич,
ведущий научный сотрудник «Аграрного научного центра “Донской”» (РФ, 347740, г. Зерноград, Ростовская обл., ул. Ленина, 14), кандидат технических наук,
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7137-5692
sbraginets@mail.ru

Токарева Анна Николаевна,
доцент кафедры «Теплоэнергетика и информационно-управляющие системы» Азово-Черноморского инженерного института Донского государственного аграрного университета (РФ, 347740, г. Зерноград, Ростовская обл., ул. Ленина, 21), кандидат технических наук,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0383-7039
tanna_ing@mail.ru

Попенко Александр Юрьевич,
магистрант кафедры «Теплоэнергетика и информационно-управляющие системы» Азово-Черноморского инженерного института Донского государственного аграрного университета (РФ, 347740, г. Зерноград, Ростовская обл., ул. Ленина, 21),
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5115-9175
PopenkoAlexander@yandex.ru

Authors:

Khlystunov, Victor F.,
professor of the Treatment Process Equipment for Agro-Industrial Complex Department, Don State Technical University (RF, 347740, Zernograd, Rostov Region, ul.im. Lenina, 14), Dr.Sci. (Eng.), Senior Research Scholar,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2743-0698
vniptim@gmail.com

Braginets, Sergey V.,
Senior Research Scholar, Agricultural Research Center “Donskoy” (RF, 347740, Zernograd, Rostov Region, ul.im. Lenina, 14), Cand.Sci. (Eng.),
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7137-5692
sbraginets@mail.ru

Tokareva, Anna N.,
associate professor of the Heat Power Engineering and Information Management Systems Department, Azov-Black Sea Engineering Institute, Don State Agrarian University (RF, 347740, Zernograd, Rostov Region, ul.im. Lenina, 14), Cand.Sci. (Eng.),
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0383-7039
tanna_ing@mail.ru

Popenko, Alexander Y.,
undergraduate of the Heat Power Engineering and Information Management Systems Department, Azov-Black Sea Engineering Institute, Don State Agrarian University (RF, 347740, Zernograd, Rostov Region, ul.im. Lenina, 14),
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5115-9175
PopenkoAlexander@yandex.ru